

I

Grundlagen

Einführung

1

Geschichtliches zur Lebensmitteltoxikologie

Karl-Joachim Netter

1.1

Einleitung

Bevor der Leser dieses Handbuches sich mit den Einzelheiten der Toxikologie der Nahrungsmittel befasst, soll in diesem Kapitel versucht werden, den historischen Rahmen abzustecken, in welchem sich die heutige Lebensmitteltoxikologie bewegt.

Die Menschheit weiß seit alters her, dass Nahrungsmittel und vor allem ihr einseitiger Gebrauch neben dem erwünschten und lebenswichtigen Zweck der Ernährung auch unerwünschte toxische Effekte hervorrufen können. Insbesondere die Vermeidung giftiger Pflanzen durch Menschen und auch Tiere gehört zu lange tradierten Ablehnungsreflexen [16].

Eine entscheidende Verbesserung der Lebensmittelsicherheit ist die Entdeckung und vor allem Beherrschung und Bewahrung des Feuers und damit der Nahrungsmittelerhitzung und ihrer Konservierung. Prähistorisch und entwicklungsgeschichtlich gesehen markieren die Erhitzung und die Räucherung von Nahrungsmitteln einen entscheidenden Schritt für die Lebensmittelsicherheit und die Nahrungsmittelversorgung. Sie bilden damit wahrscheinlich einen wesentlichen Punkt in der Entwicklung von intelligenten Affen zu den ersten Menschen.

1.2

Prähistorisches

Die Entdeckung und Nutzbarmachung des Feuers lässt sich nur schwer datieren. Nach den gegenwärtigen Kenntnissen der Paläontologen und Anthropologen liegt dieser Wendepunkt etwa eine halbe bis eine Million Jahre zurück. Zu der Zeit wurde der Australopithecus von den ersten Hominiden (*Homo ergaster*) in Afrika von dem *Homo erectus* abgelöst; die Menschen entwickelten sich in der Zeitspanne von einer Million Jahren in Europa über den *Homo heidelbergensis* und *neandertalensis* zum *Homo sapiens*. In Europa gibt es Fundstellen, die etwa eine halbe Million Jahre zurückdatiert werden, aber keinen sichtbaren Gebrauch von Feuer erkennen lassen. Ähnliches ist für den vorderen Orient beschrieben [2]. Ab einer Zeit von vor etwa zweihunderttausend Jahren wird von Anthropologen die Kenntnis des Feuers angenommen (D. Meyer, persönliche Mitteilung). Die Kenntnis und Nutzung könnte nach Überlegungen von Stedman et al. [30] durch eine genomisch bedingte Schwächung der Kaumuskulatur beschleunigt worden sein, welche einerseits die Vergrößerung der Schädelkalotte mit Verdopplung des Gehirnvolumens ermöglichte, andererseits aber die Verkleinerung von grober Fleisch- und Pflanzennahrung erheblich verschlechterte, so dass die frühen Hominiden sich vom „Knochenbrecher“ allmählich zum „Denker“ entwickeln mussten. Die genauere Klärung des Beginns der Erhitzung von Nahrung muss den zukünftigen Arbeiten der Paläoanthropologen überlassen bleiben. Dies erfordert eine Analyse von Fundstellen, an denen der *Homo erectus*, *neandertalensis* oder *sapiens* Feuerspuren hinterlassen hat. Misanthropische Zyniker datieren schon jetzt den Ursprung des modernen Menschen auf das Alter von Feuerstellen, an denen verkohlte Knochenreste auch der eigenen Art gefunden werden.

Zur Frage der Technik des Erhitzens von Nahrungsmitteln bietet sich natürlich das Rösten von Beutefleisch oder Früchten am offenen Feuer an. Das erste Erhitzen von Wasser und damit das Kochen im heutigen Sinne dürfte wohl dadurch bewerkstelligt worden sein, dass man Wasser in einer mit einem Fell ausgekleideten Erdgrube durch Hineinwerfen erhitzter Steine zumindest erwärmen, aber wohl kaum zum Sieden bringen konnte. Dazu wird den frühen Hominiden die Möglichkeit der Wärmekonservierung durch ein Gefäß mit einem Deckel gefehlt haben. Dieser Fortschritt musste erst die Entwicklung der keramischen Herstellung entsprechender Gefäße abwarten. Daniel Defoe hat in seinem zeitlosen und aufklärerischen Tatsachenroman über den schiffbrüchigen Alexander Selkirk ja auch viel Zeit verstreichen lassen, bis der Held Robinson Crusoe in seinen primitiven Brennversuchen von Gefäßen durch Zusatz von Mineralien diese mit einer Glasur versehen und damit wasserdicht machen konnte [5]. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Feuer durch eine harte und langwierige Entwicklung nutzbar gemacht wurde und nicht durch den sinnbildlichen heroischen und schlauen Akt des Prometheus, der einfach mithilfe eines markigen Stängels des Riesenfenchels als Fidibus das göttliche Feuer vom Sonnenwagen auf die Erde holte [29].

Unter den Paläoanthropologen ist es umstritten, ob die Gattung *Homo* verschiedene Menschenarten hervorbrachte, also einen verzweigten Stammbaum aufweist, oder sich in einem unverzweigten Stammbaum vom frühen *Homo habilis* vor etwa 1,8 Millionen Jahren über den *Homo georgicus* und den *Homo ergaster* und *Homo erectus* zum *Homo sapiens* entwickelte, von denen Letzterer etwa 200 000 Jahre zurückdatierbar sein soll. Die These von dem verzweigten Stammbaum besagt, dass die eben genannten sowie der *Homo heidelbergensis* und *neandertalensis* ausgestorben sind; man vermutet, dass die Unfähigkeit dieser frühen Menschenarten auf Klima- und Ernährungsveränderungen reagieren zu können, zu ihrem Aussterben geführt hat [z. B. 14, 17, 34].

Die frühe Entwicklung der „Kochkunst“ lässt sich vielleicht so zusammenfassen, dass die Menschen durch das Feuer ihre Lebensmittel besser essbar und verträglich und außerdem haltbar machen konnten; als unerkannter Nebeneffekt wurden auch Keime abgetötet. Inwieweit sich auch bereits Kenntnisse über die Vermeidung giftiger Pflanzen durchgesetzt hatten, wissen wir nicht.

1.3 Biblisches

Obwohl sich in den frühen mediterranen Kulturen zahlreiche Autoren über Lebensmittel, diätetische Traditionen und vor allem über die Einstellung gegenüber dem Verzehr von Fleisch vom Schwein und Rind, von Fisch und Geflügel, Gedanken gemacht haben und später sehr genaue Beschreibungen aus der jüdischen und arabischen Welt entstanden, ist für unseren Kulturraum doch die Bibel der wesentlichste Leitfaden und Zugang zur Einstellung gegenüber Lebensmitteln und insbesondere ihrer möglichen Gefahren, ebenso wie zu der Erzeugung und wundersamen Vermehrung von Nahrungsmitteln. Grivetti und Pangborn [12] haben sich mit den Motiven auseinandergesetzt, die zu solchen Ernährungsvorschriften geführt haben. Insbesondere im Alten Testament gehen die Diätvorschriften wohl auf traditionelle göttliche Weisungen zurück; aber auch Gesundheitsüberlegungen und vor allem ethnische Identitäten sowie natürlich ökologische Verfügbarkeit sind weitere Faktoren gewesen, welche die Menschen zum Verzehr oder auch zur Ablehnung bestimmter Lebensmittel, insbesondere tierischer Herkunft, veranlasst haben. Die Ablehnung von Schweinefleisch wird meist mit der Kenntnis des Zusammenhanges zwischen infiziertem und nicht erhitztem Schweinefleisch und der Trichinose begründet; allerdings ist dieser Zusammenhang überhaupt erst 1860 wissenschaftlich nachgewiesen worden [35]. Möglicherweise rührt die Ablehnung von Schweinefleisch auch daher, dass die Ägypter in alttestamentarischer Zeit sehr viel Schweinefleisch konsumierten, was ebenso zu seiner ethnischen Ablehnung bei den Juden führte wie auch die Tatsache, dass Schweine im trockenen mittelöstlichen Ökosystem viel weniger geeignet waren als Schafe und Ziegen. Darüber hinaus war das Schwein ein bevorzugtes und verehrtes Tier bei den Babyloniern im wasserreicheren Zweistromland, was seine Ablehnung durch die jüdi-

sche Bevölkerung enorm verstärkt haben könnte. Der gleichzeitige Genuss von Fleisch und Milch ist verboten im Talmud, vermutlich weil es im 2. Buch Mose (23:19 und 34:26) sowie im 5. Buch Mose (14:21) verboten ist, Fleisch in Milch zu kochen.

Die umfassendsten Lebensmittelverordnungen, die dem damaligen Wissen und Glauben entsprachen und von unseren heutigen gesetzlichen Vorschriften gar nicht so weit entfernt sind, finden sich im 3. sowie im 5. Buch Mose.

Im Folgenden sollen dazu einige Bibelzitate aus der Lutherschen Übersetzung herausgegriffen und wiedergegeben werden [19].

Die allgemeine Regel bestimmt, dass Huftiere, die die „Klauen (auseinander) spalten und zugleich Wiederkäuer sind“ erlaubt oder sogar empfohlen sind, da deren Fleisch „rein“ ist. Wiederkäuer, die die Hufe nicht spalten (Kamele) oder umgekehrt Huftiere, die nicht wiederkäuen, sind dagegen „unrein“. Obwohl frühe Naturvölker durchaus Aasfleisch gegessen und überlebt haben, ist dies den biblischen Völkern verboten. Im 2. Buch Mose 22:30 (31) steht: *„Ihr sollt heilige Leute vor mir sein, darum sollt Ihr kein Fleisch essen, das auf dem Felde von Tieren zerrissen ist, sondern es vor die Hunde werfen.“* Im 3. Buch Mose steht im siebten Kapitel Vers 24: *„... aber das Fett vom Aas, und was vom Wild zerrissen ist, macht Euch zu allerlei Nutz, aber essen sollt Ihr es nicht.“* Im elften Kapitel, Verse 39 und 40, findet sich eine klare hygienische Vorschrift: *„Wenn ein Tier stirbt, das Ihr essen möget, wer das Aas anrühret, ist unrein bis an den Abend. Wer von solchem Aas isset, der soll sein Kleid waschen und wird unrein sein bis an den Abend; also wer auch trägt ein solch Aas, soll sein Kleid waschen und wird auch unrein sein bis an den Abend.“* Im selben Buch (17:16) heißt es: *„Wo er seine Kleider nicht waschen noch sich baden wird, soll er seiner Missetat schuldig sein!“* Das 3. Buch Mose 19:5,6 spricht das Verfallsdatum von Fleisch an: *„Und wenn Ihr dem Herrn wollt Dankopfer tun, so sollt Ihr opfern, dass es ihm gefallen könne. Ihr sollt es desselben Tages essen, da Ihr es opfert, und des anderen Tages. Was aber auf den dritten Tag übrigbleibt, soll man mit Feuer verbrennen.“*

Die Beseitigung verdorbenen Fleisches lässt sich nach 5. Mose (14:21) folgendermaßen bewerkstelligen: *„Ihr sollt kein Aas essen – dem Fremdling in deinem Tor magst du es geben, dass er es esse oder dass er es verkaufe einem Ausländer – [Sic!]; denn du bist ein heilig Volk dem Herrn, deinem Gott.“*

Außerdem noch diese weitere Vorschrift: *„Du sollst das Böcklein nicht kochen in der Milch seiner Mutter.“*

Das gute Gewissen, keine Lebensmittel nach dem Verfallsdatum verzehrt zu haben, findet sich in Hesekeil 4:14: *„Ich aber sprach: Ach Herr, Herr! Siehe, meine Seele ist noch nie unrein worden, denn ich habe von meiner Jugend auf bis auf diese Zeit kein Aas noch Zerrissenes gegessen, und ist kein unrein Fleisch in mein Mund kommen!“*

In Notzeiten (vgl. Mr. Anthrobus und die Grassuppe in „Wir sind noch einmal davongekommen“, [33]) sammeln die Menschen Früchte und versuchen, sich damit zu ernähren.

Beim Kräutersammeln konnte man aber auch auf toxische Pflanzen stoßen, z. B. auf die anthrachinonhaltigen drastisch purgativ wirkenden Koloquinten

(Wüstenkürbisse), so dass die entsprechende gemeinsame Speisenzubereitung erhebliche Giftwirkungen entfalten konnte (2. Könige 4, 38–41): „Und er sprach zu seinem Knaben: Setze zu einen großen Topf und koche ein Gemüse für die Kinder der Propheten! Da ging einer aufs Feld, dass er Kraut läse und fand wilde Ranken und las davon Koloquinten sein Kleid voll; und da er kam, schnitt er's in den Topf zum Gemüse; denn sie kannten's nicht. Und da sie es ausschütteten für die Männer, zu essen, und sie von dem Gemüse aßen, schrieen sie und sprachen: O Mann Gottes, **der Tod im Topfe!** Denn sie konnten es nicht essen“. Unmittelbar anschließend findet sich aber das richtige Kochrezept, allerdings mit (wahrscheinlich nicht so ohne weiteres verfügbarem) Mehl:

„Er aber sprach: Bringet Mehl her! Und er tat es in den Topf und sprach: Schütte es dem Volk vor, dass sie essen! Und siehe, da war **nichts Böses in dem Topfe.**“

Schließlich werden auch die Erfolge klimatisch begünstigter Landwirtschaft in der Lebensmittelerzeugung beschrieben (65. Psalm, 10–14) und die dadurch mögliche Ernährung sehr vieler Menschen, die die Speisung der fünftausend Mann, „gezählt ohne Weiber und Kinder“, beschreibt. Indirekt ist dort schon die Verwendung rationeller Düngungsmethoden vorweggenommen worden, ebenso wie im Neuen Testament in Matthäus 15:32 ff.

1.4 Toxisches

Auf ihrem Weg durch die Jahrhunderte wurden die Menschen so lange immer wieder von Vergiftungen durch toxische Pflanzeninhaltsstoffe oder mikrobielle Stoffwechselprodukte heimgesucht, bis man jeweils den Zusammenhang der Krankheitserscheinungen mit der alimentären Aufnahme der verursachenden Agenzien erkannte. In neuerer Zeit kamen dann auch selbst verschuldete toxische Ereignisse hinzu, wie z.B. durch Schwermetalle (Minimata-Krankheit in Japan) oder die Karzinogenität des Buttergelbs oder des Arsens und die Vergiftungen durch das Insektizid Dichlor-Diphenyl-Trichlorethan (DDT) und andere Kohlenwasserstoffe mit extrem langer biologischer Halbwertszeit.

Diese „selbst verschuldeten“ entweder absichtlichen oder unbeabsichtigten Beimengungen von Fremdstoffen haben das Interesse der Öffentlichkeit an notwendigen Vermeidungsstrategien und ihrer gesetzmäßigen Verankerung wachgerufen. Ein kleines persönliches Erlebnis aus dem Jahre 1959 ist dem Autor in diesem Zusammenhang noch in Erinnerung, als in den USA in einem chemisch-pharmakologisch arbeitenden Laboratorium eine gut ausgebildete Mitarbeiterin mit allen Zeichen des Entsetzens die bevorstehende Infektion mit Trichinen befürchtete, weil sie ungekochtes Schweinefleisch zu sich genommen hatte und offenbar nicht von einer wirksamen entsprechenden Fleischschau überzeugt war. Diese Erfahrung belegt, dass auch heutzutage noch Platz ist für eine allgemeine Furcht vor giftigen und gesundheitsschädlichen Nahrungsmittelbestandteilen.

Im Falle einer Massenvergiftung mit Mutterkorn-infiziertem Getreide in Salem, Massachusetts, im Jahre 1692, die unter anderem zu Krämpfen und Paräs-

thesien bei jungen Mädchen führte, kam es zu einer religiös-hysterisch motivierten Angst vor einer Teufelsbesessenheit, die zu entsprechenden Hexenprozessen gegen einhundertfünfzig Frauen führte. Allerdings wurden fast alle der Hexerei Angeklagten nicht mehr verurteilt [3]. Übrigens hat der Bühnenautor Arthur Miller [22] diesen Vorfall als Sujet für sein Schauspiel „The Crucible“ (Hexenjagd) genommen, in dessen zwei Akten der Ausbruch eines angeblich durch eine abergläubische Negersklavin verursachten ungewöhnlichen Gruppenverhaltens junger Mädchen in der engstirnig-puritanischen Kleinstadt zu diesen abstrusen Folgen führt. Es ist denkbar, dass Arthur Miller durch seine Betroffenheit über das Wirken von Senator McCarthy zur literarischen Bearbeitung dieses Stoffes veranlasst wurde [15]. Wegen der Berichte, dass auch junge Männer ähnlich abnormes Verhalten an den Tag legten und auf Grund der nachprüfbaren geographischen Lokalisation der Krankheitsfälle und des Zusammenhanges mit der lokalen Versorgung mit Mehl und Brot, kommt Caporael zu dem Schluss, dass die Ereignisse durch eine akute Vergiftung mit *Claviceps purpurea*, also durch eine gut erklärbare Lebensmittelvergiftung mit Ausprägung als *Ergotismus convulsivus*, hervorgerufen wurden.

Es würde hier zu weit führen, auf die zahlreichen Vergiftungsmöglichkeiten durch pflanzliche oder bakterielle Verunreinigungen näher einzugehen. Der interessierte Leser sei auf folgende Publikationen hingewiesen: [1, 13, 18, 20, 21, 23, 31].

1.5 Ökonomisches

Die unregelmäßige Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln hat schon seit jeher ihre Konservierung erfordert, welche seit Jahrtausenden auf verschiedenen Wegen wie Trocknen, Räuchern, Salzen etc. erreicht werden kann.

Die Konservierung, oder vielmehr ihre Verbesserung durch Zusatz von entsprechend wirksamen Stoffen, ist inzwischen zu so großer Perfektion entwickelt worden, dass theoretisch alle Nahrungsmittel rings um den Erdball ständig verfügbar sein könnten. Allgemein wahrgenommener Ausdruck der erreichten Haltbarkeit aller verpackten Lebensmittel ist das aus mehr oder weniger überprüfbarer Erfahrung resultierende Mindesthaltbarkeitsdatum, welches im Handel und bei der Verwendung von Lebensmitteln eine immer größere Bedeutung erlangt hat.

Dennoch darf nicht verschwiegen werden, dass die verwendeten Zusatzstoffe, unter anderem auch Farbstoffe, selbstverständlich biochemische, physiologische und eventuell sogar toxische Eigenwirkungen entfalten, sofern sie in überschwelliger Menge aufgenommen werden. Die Zusatzstoffe tragen damit also zur ernährungsphysiologischen Gesamtwirkung eines Lebensmittels bei und müssen dementsprechend auf ihre Zuträglichkeit überprüft werden. Es bleibt aber festzuhalten und zu betonen, dass eine kontinuierliche Nahrungsmittelversorgung ohne den Einsatz von Konservierungs- und Verpackungsmethoden angesichts der beängstigend anwachsenden Weltbevölkerung nicht mehr möglich wäre.

1.6 Legislatives

Nach oben Gesagtem liegt es auf der Hand, dass Lebensmittel in ihrer Herstellung, Verarbeitung und Verteilung schon immer ein Gegenstand öffentlichen Interesses und damit auch der entsprechenden Gesetzgebung gewesen sind. Letztlich ist auch dieses Handbuch der Lebensmitteltoxikologie ein Ausdruck der Notwendigkeit übergeordneter Regulierung von Lebensmitteln und im Übrigen auch von Gebrauchsgegenständen.

Die Einhaltung handwerklicher und hygienischer Vorschriften ist schon seit Jahrhunderten allgemeinen Regeln unterworfen; ein Beispiel hierfür ist das Reinheitsgebot für die Herstellung von Bier aus dem Jahre 1516, welches fast ein halbes Jahrtausend später auf Millionen von Bierflaschen täglich herausgestellt wird. Etwa fünfzig der wichtigsten gesetzlichen Regelungen mit toxikologischem Hintergrund in Deutschland von 1231 bis ins Jahr 1987 finden sich in der von Amberger-Lahrmann und Schmähl [1] herausgegebenen Monographie, wo sie neben den Regelungen in anderen Industrieländern im Anhang aufgelistet sind.

Speziell in Bezug auf die Lebensmittelsicherheit ist noch die alte deutsche Einrichtung der Fleischbeschau zu erwähnen, die bereits im Mittelalter gut organisiert war. Das Gesetz betreffend „die Schlachtvieh- und Fleischbeschau vom 3. Juni 1900“ dient der Verhütung von Erkrankungen durch untaugliches Fleisch, wobei neben Fäulnis das Vorkommen von Trichinen und Tuberkelbazillen besonders beachtet wurde [9]. Das ausgesonderte Fleisch wurde dennoch zu ermäßigtem Preis als so genanntes „Freibankfleisch“ zum Verkauf angeboten, ein Vorgehen, das heute sicher nicht mehr akzeptiert würde.

Das Reichsgesundheitsamt, das 1876 als Kaiserliches Gesundheitsamt gegründet und später als Bundesgesundheitsamt fortgeführt wurde, richtete einen Ausschuss für das Ernährungswesen im Reichsgesundheitsrat [28] ein, welcher z. B. im Juni 1914 tagte: Das Protokoll dieser Sitzung zur „Gesundheitlichen Beurteilung gewisser zur Konservierung von Lebensmitteln verwendeter Stoffe“ liest sich heute *ceteris paribus* so, als ob die Erörterungen in diesen Tagen z. B. im Rahmen der Lebensmittelkommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft stattgefunden hätten [25].

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) als das wichtigste Förderungsinstrument für die Forschung in Deutschland versteht sich nicht erst seit ihrer Wiedergründung nach dem Zweiten Weltkrieg im Jahre 1949 als eine „Gelehrtenrepublik“, die im Wesentlichen zwei wichtige Funktionen wahrnimmt: Sie ist die bedeutendste Finanzierungsquelle zur Forschungsförderung und zugleich aufgrund ihres Zugriffs auf die Sachkenntnis der Wissenschaftler und akademischen Lehrer ein objektives und unabhängiges Beratungsorgan für die staatliche Exekutive. Die Geschichte und die Aufgaben der DFG sind in exemplarischer Weise im Jahre 1968 von ihrem langjährigen Generalsekretär [36] dargestellt worden; ihre Schilderung spiegelt insofern deutsches Schicksal wider, als drei wesentliche Zeitabschnitte zu erkennen sind, nämlich das Wirken der

„Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft“ von 1920 bis 1934, die Deutsche Forschungsgemeinschaft in der Zeit von 1934 bis 1945 und schließlich ihr bei weitem stabilster und längster Tätigkeitsabschnitt von 1949 bis heute.

In neuerer Zeit wurde die Beratung der Exekutive in Fragen der Lebensmittelsicherheit 1949 wieder aufgenommen. Die als erste unter dem Eindruck der Erkenntnis der Karzinogenität von Lebensmittelfarbstoffen (Buttergelb – Dimethylaminoazobenzol, Verbot 1937) gegründete Farbstoffkommission nahm ihre Arbeit noch im selben Jahr unter dem Vorsitz von A. Butenandt und A. Druckrey auf. 1952 und 1954 wurden zwei Kommissionen gegründet, eine zur „Prüfung der Lebensmittelkonservierung“, die unter dem Vorsitz von W. Souci bis 1966 tätig war und eine andere zur „Prüfung des Bleichens von Lebensmitteln“, welche sich unter dem Vorsitz von K.H. Lang von 1954 bis 1963 insbesondere mit dem Bleichen von Mehl befasste. 1961 hatte sich die Beratungstätigkeit so sehr ausgeweitet, dass die so genannte „Fremdstoffkommission“, ebenfalls unter dem Vorsitz von K.H. Lang, eingerichtet wurde, die generell zur Prüfung aller fremden Stoffe bei Lebensmitteln aufgerufen war (vgl. Abb. 1.1). 1972 übernahm K.J. Netter den Vorsitz dieser Kommission; sie musste im Laufe der Zeit immer größere Bereiche erfassen und beurteilen. Dementsprechend wurde der Name der Kommission erneut ihrer Tätigkeit angepasst: Sie berät seit 1990 unter der Bezeichnung „Senatskommission zur Beurteilung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit von Lebensmitteln“. Die Kommission richtet jeweils problemorientierte temporäre Arbeitsgruppen mit Experten, auch und gerne aus den europäischen Nachbarländern, ein.

1995 übernahm G. Eisenbrand den Vorsitz dieser Kommission und führt ihn bis heute.

Personelle Zusammensetzung und Arbeitsweise der Lebensmittelkommissionen der DFG und ihrer Arbeitsgruppen haben sich jeweils aus den zeitgenössischen Aufgaben ergeben: Mit zunehmender Verfeinerung der Möglichkeiten der Lebensmittelveränderung und den damit verbundenen analytischen Methoden wurden von Seiten der Nahrungsmittelindustrie und der Exekutive (durch das ehemalige Bundesgesundheitsamt und jetzige Bundesinstitut für Risikobewertung) und natürlich auch aus der Kommission selbstständig neue Probleme an sie herangetragen, deren Bewertung jeweils den Rat der der betreffenden Materie am nächsten stehenden Fachleute erforderte. Dementsprechend gestaltete sich auch die personelle Zusammensetzung der Kommission, welche sich aus Wissenschaftlern von Forschungsinstituten und Industrielaboratorien sowie ständigen Gästen aus den staatlichen Aufsichts- und Genehmigungsorganen rekrutierte. Die Kommissionen haben immer das Prinzip verfolgt, dass alle an sie herangetragenen Probleme in gebührender Weise beraten und entsprechende Empfehlungen in Form von Mitteilungen veröffentlicht wurden. Umgekehrt regen die Fragen und Probleme oft in großem Umfang zu neuen Experimenten an.

Einhergehend mit der immer stärkeren europäischen Vernetzung entwickelte sich eine personelle und sachliche Zusammenarbeit mit dem Wissenschaftlichen Lebensmittelausschuss (Scientific Committee on Food, SCF) der Europäi-



Abb. 1.1 DFG Senatskommission zur Prüfung fremder Stoffe bei Lebensmitteln („Fremdstoffkommission“), 26./27. April 1979, Marburg, Herder Institut
Jeweils von links

Von oben, Reihe 1: H. Frank, P. Marquardt, P.S. Elias, G. Eisenbrand

2. Reihe: Unbekannt, W. Grunow (BGA), E. Lück (Hoechst AG), G. Hamm

3. Reihe: F.H. Kemper, H.D. Belitz, G. Neurath, H. Uehleke (BGA), J.F. Diehl, K. Möhler

4. Reihe: W. Baltes, G. Schlierf

5. Reihe: K. Trenkle (BML), R. Franck (BGA), Frau R. Neussel (BMJFG), G. Lehmann, Frau Dr. Harmuth-Hoene, B. Schmidt, D. Schmähl

Unterste Reihe: K. Heyns, K. Lang, K.J. Netter, H.D. Scholz (BMJFG)

Nicht im Bild: W. Bretschneider (DFG), H.G. Classen, D. Eckert (BMJFG), D. Lorke, H. Osswald

BGA=Bundesgesundheitsamt, BMJFG=Bundesministerium für Jugend, Familie und Gesundheit, BML=Bundesministerium für Landwirtschaft

schen Union in Brüssel. Einen kurzgefassten Überblick über die international tätigen Träger der Lebensmittelsicherheit und das Zusammenwirken mit ihnen findet sich in der Monographie von Classen et al. [4].

Die lebensmittelbezogenen Kommissionen der Deutschen Forschungsgemeinschaft haben sich immer offen den jeweils aktuellen lebensmitteltechnischen Problemen gegenüber gezeigt. Sie haben sowohl die Lebensmittelindustrie bei ihren Innovationen in den Fragen der gesundheitlichen Unbedenklichkeit als auch die Exekutive bei ihren Fragen nach der technischen Notwendigkeit und bei der Festlegung von qualitativen und vor allem quantitativen Standards beraten.

Wenn man versucht, den Weg der Lebensmittelkommissionen an dieser Stelle nur oberflächlich und grobmaschig zu verfolgen (vgl. Netter et al. [25,

26]), bietet sich ein Bild kontinuierlicher Entwicklung: In den ersten Nachkriegsjahren mussten zunächst die gebräuchlichen Verfahren der Lebensmittelkonservierung – und auch Bleichung – mithilfe von verschiedenen Zusatzstoffen kritisch bewertet werden, was von Anbeginn an umgekehrt innovative Anstöße zur exakten Untersuchung der biologischen Wirkungen von solchen Zusatzstoffen im Hinblick auf Toxizität, Karzinogenität, Allergisierung etc. gab. Als Resultat dieser Bemühungen mussten manche Hilfsstoffe aus dem allgemeinen Gebrauch genommen und verboten werden (z. B. Chlordioxid zum Bleichen von Mehl, 1956).

Danach wurden im Zuge der Umstellung der Ernährungsgewohnheiten und insbesondere der Überversorgung mit Nahrungsmitteln die künstlichen Süßstoffe wie z. B. Acesulfam, Aspartam, Cyclamat, Saccharin, Sucralose etc. zwischen etwa 1980 und 1995 immer wieder ausführlich behandelt und bewertet. In mehr oder weniger weitgehendem Konsens mit den Herstellern führte dieses zur Anwendung immer modernerer Methodiken und Analyseverfahren, welche durch die allgemeine Verfeinerung entsprechender Techniken möglich wurden. An dieser Stelle sei an die öffentliche Aufregung erinnert, als die (Über)fütterung von Ratten mit großen Dosen von Saccharin zur Bildung von Blasen Tumoren führte und daraufhin Patienten mit Blasen Tumoren gefragt wurden, ob sie jemals in ihrem Leben Saccharin zu sich genommen hätten, und dieses natürlich bejahten. Denn dieser Süßstoff wurde in den Jahren nach dem Ersten und auch Zweiten Weltkrieg in großen Mengen konsumiert, allerdings ohne dass sich danach eine epidemische Häufung von Blasen Tumoren gezeigt hätte. Dieses Beispiel der Missinterpretation einer unprofessionellen retrospektiven Studie beleuchtete das von Besorgnis geprägte Umfeld, in welchem nunmehr nach Maßstäben guter wissenschaftlicher Praxis entsprechende Studien vorgenommen wurden, die dazu führten, dass Saccharin heute nach wie vor zugelassen ist. Um dennoch seine Aufnahme zu begrenzen, wurde seine Kombination mit einigen der obigen künstlichen Süßstoffe empfohlen.

In ähnlicher Weise ist man beim Formaldehyd verfahren, der wegen seiner in hohen Konzentrationen erfolgenden Schleimhautreizung, Allergisierung und nicht völlig auszuschließender Karzinogenität (Nasaltumoren bei Ratten in Formaldehydatmosphäre) in der Holzindustrie nicht mehr oder nur noch unter strengen Begrenzungen seiner Immission verwendet wird [10, 11]. Auch hier gab es Studien an Menschen mit Kontakt zu Formaldehyd, nämlich Anatomen und Balsamierern; hier fanden sich keine Nasaltumoren, und beide Berufsgruppen sind nicht gerade für eine auffällige Frühsterblichkeit bekannt.

Die allgemeine Verfügbarkeit kalorienreicher hochwertiger Nahrungsmittel im Verbund mit dem Rückgang körperlicher Arbeit führte zu dem Wunsch, den Kaloriengehalt von wohlschmeckenden Nahrungsmitteln durch Einsatz von veränderten Kohlenhydraten mit vermindertem Brennwert (Polydextrose, Isomalt, generell Bulking agents) sowie nichtverdaulichen Fetten und Ölen (Olestra[®], Simplex[®]) herabzusetzen. Trotz ausgedehnter Bilanzversuche mit verschiedenen Methoden konnten sowohl ihre Wirksamkeit als nicht kalorische einfache Füllstoffe als auch ihre Verträglichkeit bis heute nicht überzeugend

nachgewiesen werden. Insbesondere gab es unterschiedliche Auffassungen über das Ausmaß der Brennwertverminderung, was dazu führte, dass im Bereich der Europäischen Union schließlich ein verbleibender Brennwert von 2 Kalorien pro Gramm sozusagen als Arbeitsgrundlage *ex cathedra* festgesetzt wurde.

In krassem Gegensatz zu dem Wunsch nach kalorienverminderten Nahrungsmitteln stand in den 1980er Jahren der Wunsch nach zusätzlichen Eiweißquellen durch die Produktion vollwertiger Nahrungsmittel aus organischen Grundstoffen mithilfe von Einzellerkulturen. Diese Entwicklung wurde von der Lebensmittelindustrie in Vorversuchen und teilweise größeren Versuchsanlagen deswegen vorangetrieben, weil man angesichts der ständig wachsenden Weltbevölkerung auf kommende Engpässe in der Versorgung mit Nahrungsmitteln und insbesondere mit Eiweiß vorbereitet sein wollte. Für die Kommission ergaben sich dadurch viele Querverbindungen zur Mikrobiologie, die dann später in ganz anderer Hinsicht wichtig wurden, weil Mikroorganismen und Pilze entweder durch Infektionen oder aber wesentlich durch die Einführung von Mykotoxinen in die Nahrungsmittelkette eine große Gefahr darstellen. Es ist in der Tat prinzipiell möglich, fleischähnliche Nahrungsmittel aus Einzellerproteinen herzustellen. In diesem Zusammenhang wurden in der Zeit um 1975 auch die so genannten Starterkulturen von erwünschten Mikroorganismen für die Lebensmittelverarbeitung bewertet.

Die Mykotoxine und hier insbesondere das Ochratoxin A, welches auf dem Balkan aus pilzbefallenem Getreide in die Nahrungskette gelangte und die so genannte „balkan endemic nephropathy“ hervorrief und außerdem karzinogen ist, wurden in den 1990er Jahren intensiv diskutiert.

Zur gleichen Zeit entwickelte sich die Sorge um den verstärkten Nitratreintrag in das Grundwasser und um die daraus abzuleitenden Gesundheitsschäden durch Nitrate, Nitrite und Nitrosamine, welche die nationalen und internationalen Gremien stark beschäftigte (z.B. [27]) und zugleich die Entwicklung mikroanalytischer Verfahren (z.B. thermal energy analysis) zur Messung von Nitrosaminen beförderte. Ein kleines Paradoxon sei hier erwähnt: Durch die verfeinerte Analytik wurden minimale Nitrosaminkonzentrationen in einem Produkt der im öffentlichen Raum meist unbeliebten aber dennoch kräftig genutzten Pharmaindustrie gefunden, nämlich in weitverbreiteten Tabletten. Dieses erzeugte durch die Medien katalysiertes allgemeines Missfallen. Als dann jedoch sehr viel größere Mengen im nach dem so beruhigenden Reinheitsgebot von 1516 gebrauten Bier infolge des Fehlens adäquater Wärmeaustauscher bei der Maischebereitung gefunden wurden, konnte man deutlich die Tendenz zur Abwiegelung der Befunde verspüren („weil, so schließt er messerscharf, nicht sein kann, was nicht sein darf“ [24]), was ein kleines Schlaglicht auf die emotionale Bewertung unterschiedlicher Bereiche wirtschaftlicher Tätigkeit wirft. Die Beschäftigung mit Nitrosaminen war auch ein gutes Lehrstück für die Bedeutung neuer und empfindlicher Analysemethoden, nämlich in diesem Falle des sog. Thermo Energy Analysers (TEA), der die Messung geringer Konzentrationen möglich macht.

Schon seit 1959 haben sich die verschiedenen Senatskommissionen der Deutschen Forschungsgemeinschaft mit dem Problem der Räucherung und der da-

bei befürchteten Entstehung karzinogener polycyclischer Substanzen befasst (z. B. [32]). 1985 empfahl die Kommission, dass Rauchkondensate nur dann verwendet werden können, wenn der Gehalt an cyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen, bezogen auf die Leitsubstanz 3,4-Benzpyren, unter 0,1 ppm liegt und Flüssigrauchpräparate (Kondensate) nur zur Oberflächenbehandlung eingesetzt werden.

Schließlich hat die kontroverse Diskussion über die Bestrahlung von Lebensmitteln zu ihrer Sterilisation und Haltbarmachung eineinhalb Jahrzehnte lang den Anlass für zahlreiche Untersuchungen zur gesundheitlichen Unbedenklichkeit bestrahlter Lebensmittel gegeben. Die verhaltene Zustimmung beschränkte sich schließlich auf die Bestrahlung von importierten Gewürzen, während Bestrahlung in großem Umfang sich angesichts der weiteren hygienischen und technologischen Entwicklungen nicht durchsetzen konnte.

Zur Problematik der Verwendung gentechnisch modifizierter Lebensmittel, die derzeit noch bei weiten nicht abgeschlossen ist, hat die Deutsche Forschungsgemeinschaft eine eigene Kommission zu Grundsatzfragen zum Thema „Gentechnik und Lebensmittel“ gebildet, die im Jahre 2001 ihre umfangreichen Empfehlungen vorgelegt hat.

Die ständig wachsende Internationalität führt nicht nur zu einer Zusammenarbeit und Harmonisierung zwischen den verschiedenen Regulationsbehörden und deren Ratgebern wie z. B. Codex Alimentarius, Joint Expert Committee on Food Additives (WHO/FAO), Scientific Committee on Food (SCF) der Europäischen Union u. a., sondern induziert auch die Verbreitung neuer meist von der Lebensmittelindustrie konzipierter Ideen und prägt dadurch griffige neue Schlagworte, die wiederum neue weltweite Aktivitäten auslösen.

So kam im Wesentlichen aus Japan die Vorstellung, dass man Lebensmitteln durch Zugabe z. B. wichtiger Vitamine in hoher Dosis einen funktionell erhöhten Wert geben kann (*Functional Food*). Ein solcher so genannter Added Value wird z. B. vermutet bei der Zugabe von Folsäure, die während der Embryonalentwicklung die Bildung des Neuralrohres günstig beeinflussen soll.

Unter dem Begriff der Neuen Lebensmittel (*Novel Foods*) kann man beispielsweise gentechnisch modifizierte Nahrungsmittel verstehen, aber auch mit wirksamen Naturstoffen angereicherte Zubereitungen wie Phytosterol enthaltende Margarine, welche die intestinale Cholesterinresorption vermindern soll.

Der sehr suggestive Ausdruck Nutrizeutika (*Nutraceuticals*) soll dem Verbraucher die Gewissheit vermitteln, dass er nicht nur einen Nahrungsbedarf optimal befriedigt, sondern sogar darüber hinaus pharmakologisch günstig wirksame Substanzen aufnimmt. In diesen Bereich gehören Aminosäuren, welche in größerer Menge als sonst z. B. bei der Transmittersynthese oder aber angeblich auch (Ornithin) bei der Sekretion des Wachstumshormons wirksam sein sollen (R. Grossklaus, persönliche Mitteilung).

Alle drei genannten Begriffe müssen allerdings noch mit experimentell fundierten Aussagen über die tatsächliche Erfüllung der postulierten günstigen Effekte präzisiert werden. Insbesondere sind die Kriterien, unter denen eine mögliche Zulassung durch die Regulierungsbehörden erfolgen kann, im We-

sentlichen noch unklar, weil der Nachweis einer Funktionsverbesserung nicht gegeben ist. Auf der anderen Seite gibt es auch keine Überprüfungen im Hinblick auf eine mögliche ungünstige oder sogar toxische Wirkung großer Mengen dieser neuen Kategorien von Nahrungsmitteln. Gerade bei den Nutraceuticals ist es unklar und wird heftig debattiert, ob deren Zulassung nach den nationalen und internationalen Arzneimittelgesetzen erfolgen muss („...ceuticals“, von denen man eine therapeutische Wirkung erwarten muss), oder aber ob sie als traditionelle Lebensmittel („Nutra...“) überhaupt nicht zulassungsbedürftig sind (vgl. Tenth International Congress of Toxicology, Tampere, July 13, 2004, P. Fenner-Crisp/A. Renwick).

Im Ganzen bietet sich also hier ein weites Feld, welches noch vieler Überlegungen und experimenteller Erfahrungen bedarf.

Im Bereich der allgemeinen Lebensmittelsicherheit haben verschiedene Gremien in letzter Zeit versucht, Klarheit zu schaffen und vor allem auch weiteren Forschungsbedarf zu präzisieren. In diesem Sinne hat sich die Deutsche Forschungsgemeinschaft durch ihre Lebensmittelkommission (SKLM) in einer Reihe von Mitteilungen mit „Hormonell aktiven Stoffen in Lebensmitteln“ [6], mit „Karzinogenen und antikarzinogenen Faktoren in der Ernährung,“ [7] sowie mit den „Kriterien zur Beurteilung funktioneller Lebensmittel – Functional Foods – und deren Sicherheitsaspekten“ [8] befasst.

1.7

Futuristisches

Nachdem wir einen weiten Bogen von den prähistorischen Menschen zu den heutigen Auffassungen von Lebensmitteln und Ernährung geschlagen haben, darf man sich die Frage nach der zukünftigen Entwicklung stellen. Zukunft ist grundsätzlich nicht exakt vorhersagbar, aber dennoch lässt sich vermuten, dass die im Vorangegangenen angesprochenen „neu erfundenen“ Nahrungsmittel und Ernährungsweisen zunächst im Vordergrund des Interesses stehen werden. Dabei ist es durchaus voraussehbar, dass die immer weitere Verfeinerung und Diversifizierung des Angebotes die hohen Ansprüche an eine generell optimale Ernährung immer besser erfüllen werden, ohne dass die damit verbundenen Selbstverständlichkeiten durch eine künstliche Nomenklatur hochstilisiert werden. Falls es im zirkumnordatlantischen Raum aus irgendeinem Grunde zu einer auch nur leichten Verknappung von Lebensmitteln kommen wird, werden die hoch entwickelten und einer fast absoluten Sicherheit dienenden Regulierungsmechanismen für Nahrungsmittel höchstwahrscheinlich sowieso nicht mehr angewendet werden.

Die Vorhersage ist erlaubt, dass in Einzelfällen alte Probleme immer wieder aufleben werden, insbesondere wenn Übertreibungen einer natürlichen Lebensweise mit Betonung besonders „gesunder“ Pflanzen um sich greifen. So sollen zum Beispiel bei Naturkostanhängern wieder einzelne Fälle von Ergotismus aufgetreten sein.

Angesichts der Fülle von Modifikationsmechanismen oder Anwendung von Zusatzstoffen zur Arbeitserleichterung wird man in Zukunft stärker die Frage nach der technischen Notwendigkeit ihrer Anwendung stellen müssen. Man kann sich manchmal des Eindrucks nicht erwehren, dass bei der Beantragung von Verfahren oder Zusatzstoffen die verarbeitende Industrie in Zukunft die unumgängliche technische Notwendigkeit der beantragten Stoffe und Verfahren wird begründen müssen.

Schließlich ist vorstellbar, dass die seit Jahrhunderten und besonders in den letzten Jahrzehnten ansteigende Kurve der erreichten Lebensmittelsicherheit in die Form einer asymptotisch erreichten Horizontale übergeht. Das heißt, dass ab dann zumindest für die zirkumnordatlantische Bevölkerung Lebensmittel in ernährungsphysiologischer sowie sicherheitsbezogener Perfektion und hoffentlich auch in genügender Menge zur Verfügung stehen werden und dementsprechend auch nicht mehr weiter verbessert werden können (und sollen?). Alternativ würden sich die Aktivität und die Neugier anderen Gebieten zuwenden, über die der Autor hier aber keine Spekulationen anstellen will.

1.8

Literatur

- 1 Amberger-Lahrman M, Schmähl D (Hrsg) (1988) Gifte: Geschichte der Toxikologie, Springer Verlag Heidelberg.
- 2 Balter M (2004) Earliest signs of human-controlled fire uncovered in Israel, *Science* 304: 663–664.
- 3 Caporael LR (1976) Ergotism: The Satan loosed in Salem? Convulsive ergotism may have been a physiological basis for the Salem witchcraft crisis in 1692, *Science* 192: 21–26.
- 4 Classen H-G, Elias PS, Hammes WP, Winter M (2001) Toxikologisch-hygienische Beurteilung von Lebensmittelinhaltsstoffen und Zusatzstoffen, Behr's Verlag Hamburg.
- 5 Defoe D (1719) The life and strange surprising adventures of Robinson Crusoe of York, London (zitiert nach W. Jens [15]).
- 6 Eisenbrand G (Hrsg) (1998) Hormonally Active Agents in Food (Symposium DFG), Wiley-VCH Weinheim.
- 7 Eisenbrand G (Hrsg) (2000) Krebsfördernde und Krebshemmende Faktoren in Lebensmitteln (Symposium DFG), Wiley-VCH Weinheim.
- 8 Eisenbrand G, Guth S, Kemény M, Wolf D (2004) Kriterien zur Beurteilung Funktioneller Lebensmittel (Symposium DFG), Wiley-VCH Weinheim.
- 9 Fleischschau (1908) in Brockhaus Konversations-Lexikon Bd 6: 782–783, Leipzig (sehr authentische Darstellung).
- 10 Formaldehyd: Gemeinsamer Bericht des Bundesgesundheitsamtes, der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und des Umweltbundesamtes (1984) Schriftenreihe des Bundesministers für Jugend, Familie und Gesundheit Bd 148, W. Kohlhammer Verlag Stuttgart.
- 11 Gibson JE (Hrsg) (1983) Formaldehyde Toxicity, Hemisphere Publishing Corporation Washington New York London.
- 12 Grivetti LE, Pangborn RM (1974) Origin of selected Old Testament dietary prohibitions, *Amer Dietetic Ass* 65: 634–638.
- 13 Grunow W (1999) Food: Compound-related aspects, in Marquardt H, Schäfer SG, McClellan R, Welsch F (Hrsg) Toxicology, Academic Press, 1103–1113.
- 14 Haas JD, Harrison GG (1977) Nutritional anthropology and biological adaptation, *Ann Rev Anthropol* 6: 69–101.

- 15 Jens W (Hrsg) und etwa tausend Mitarbeiter (1998) Kindlers Neues Literaturlexikon, Komnet MA Service und Verlag Frechen.
- 16 Leopold AC, Ardrey R (1972) Toxic substances in plants and the food habits of early man, *Science* **176**: 512–514.
- 17 Lewis R (2004) Human origins from afar, *The Scientist* **18**: 18–22.
- 18 Lindner E (1990) Toxikologie der Nahrungsmittel, Georg Thieme Stuttgart.
- 19 Luther M (1912) Die Heilige Schrift des Alten und des Neuen Testaments in deutscher Übersetzung, Privilegierte Württembergische Bibelanstalt Stuttgart.
- 20 Marquardt H, Schäfer S (1994) Lehrbuch der Toxikologie, Spektrum Akad. Verlag Heidelberg.
- 21 Marquardt H, Schäfer S (2004) Lehrbuch der Toxikologie, Wissenschaftl. Verlagsgesellschaft.
- 22 Miller A (1953) The Crucible (zitiert nach W. Jens [15]).
- 23 Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (1994) Food surveillance paper No. 42: Naturally occurring toxicants in food, Her Majesty's Stationary Office, London.
- 24 Morgenstern C (1910) Palmström Berlin (zitiert nach W. Jens [15]).
- 25 Netter KJ, Castelli M, Pauly O (1985) Bewertung von Lebensmittelzusatz- und Inhaltsstoffen (DFG Wissenschaftl. Arbeitspapiere – Kommissionsbeschlüsse 1954–1984), Wiley-VCH Weinheim.
- 26 Netter KJ, Bueld-Kleiner JE (1998) Lebensmittel und Gesundheit (DFG Mitteilung 3, Kommissionsbeschlüsse 1984–1996), Wiley-VCH Weinheim.
- 27 Preussmann R (Hrsg) (1983) Das Nitrosamin-Problem (Rundgespräche und Kolloquien DFG), Verlag Chemie Weinheim.
- 28 Reichsgesundheitsrat: Die gesundheitliche Beurteilung gewisser zur Konservierung von Lebensmitteln verwendeter Stoffe, Ausschuss für Ernährungswesen 19./20. Juni 1914.
- 29 Schwab G (1840) Die schönsten Sagen des klassischen Altertums, Reclam Stuttgart.
- 30 Stedman HH, Kozyak PW, Nelson A, Thesier DJB, Minugh-Purvis M, Mitchell MA (2004) Myosin gene mutation correlates with anatomical changes in the human lineage, *Nature* **428**: 416–419.
- 31 Teuscher E, Lindequist U (1987) Biogene Gifte: Biologie-Chemie-Pharmakologie, Gustav Fischer Verlag Stuttgart New York.
- 32 Tóth L (1982) Chemie der Räucherung (Wissenschaftliche Arbeitspapiere DFG), Verlag Chemie Weinheim.
- 33 Wilder T (1942) Wir sind noch einmal davongekommen (The skin of our teeth), New York London; deutsch: G. Gebser 1946 Zürich London (zitiert nach W. Jens [15]).
- 34 Wong K (2004) Erste Urmenschen an den Pforten Europas, *Spektrum der Wissenschaft* April: 24–32.
- 35 Zenker FA (1860) Über die Trichinenkrankheit des Menschen, *Virchows Arch. für pathologische Anatomie und Physiologie und für klinische Medizin* **18**: 561–572.
- 36 Zierold K (1968) Forschungsförderung in drei Epochen. Deutsche Forschungsgemeinschaft: Geschichte, Arbeitsweise, Kommentar, Franz Steiner Verlag Wiesbaden.

